

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: **89120439.8**

Int. Cl.⁵: **B21D 7/02**

Anmeldetag: **04.11.89**

Priorität: **26.11.88 DE 3840016**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.06.90 Patentblatt 90/23

Benannte Vertragsstaaten:
AT DE ES FR GB IT

Anmelder: **SMS SCHLOEMANN-SIEMAG
AKTIENGESELLSCHAFT
Eduard-Schloemann-Strasse 4
D-4000 Düsseldorf 1(DE)**

Erfinder: **Beisemann, Gerd, Dr.
Trifelstrasse 13
D-6720 Speyer(DE)
Erfinder: Pietsch, Klaus
Kevelarer Strasse 25
D-4000 Düsseldorf(DE)**

Vertreter: **Müller, Gerd et al
Patentanwälte
HEMMERICH-MÜLLER-GROSSE-POLLMEIER--
MEY-VALENTIN Hammerstrasse 2
D-5900 Siegen 1(DE)**

Verfahren zum Richten von Blechen, Bändern, Tafeln, Profilen, Trägern etc.

Beim Richtvorgang treten bekanntlich an den Richtrollen der Richtmaschine unter anderem Vertikalkräfte auf, deren Größe von den Eigenschaften des Richtgutes, den Abmessungen der Richtmaschine und den gewählten Anstellungen der Richtrollen abhängen. Diese Kräfte bewirken eine elastische Verformung der Richtmaschine, insbesondere der Rollen, der Lager und des Rahmens, die das Richtergebnis des Richtgutes nachteilig beeinflussen. Um dies zu vermeiden, gilt es daher durch geeignete Maßnahmen, die Abhängigkeit des Richtergebnisses bei Rollenrichtmaschinen von Schwankungen und Streuungen der Eigenschaften des Richtgutes freizuhalten. Dies wird gemäß der Erfindung dadurch erreicht, daß jede senkrecht auf die Drehachsen der Richtrollen und/oder der Rollenlager und/oder auf den Rahmen der Richtmaschine wirkende Richtkraft für sich gemessen wird, und daß in Abhängigkeit der Meßwerte die Richtrollen im Bereich der auftretenden variierenden Druckkräfte automatisch nachgestellt werden.

EP 0 371 280 A2

Verfahren zum Richten von Blechen, Bändern, Tafeln, Profilen, Trägern etc

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Richten von Blechen, Bändern, Tafeln, Profilen, Trägern etc., wobei die Richtkräfte wenigstens von einer der Richtrollen einer Rollenrichtmaschine gemessen und in Abhängigkeit der Meßwerte die Richtrollenpositionen verstellt werden.

Beim Richtvorgang treten an den Richtrollen unter anderem Vertikalkräfte auf, deren Größe von den Eigenschaften des Richtgutes, den Abmessungen der Richtmaschine und den gewählten Anstellungen der Richtrollen abhängen. Diese Kräfte bewirken eine elastische Verformung der Richtmaschine, insbesondere der Rollen, der Lager und des Rahmens, die eine Veränderung (Auffederung) der zunächst meist ohne Richtgut eingestellten Rollenpositionen zur Folge hat. Die Wahl der Rollenanstellungen muß daher so erfolgen, daß mit den unter Last auftretenden veränderten Anstellungen der jeweils gewünschte Richtpro-
 5 zess realisiert wird. Abweichungen der Eigenschaften des in die Richtmaschine einlaufenden Richtgutes (Temperatur, Breite, Dicke, Elastizitätsmodul, Festigkeit, Streckgrenze etc.) von den für die Wahl der Rollenanstellungen maßgeblichen Werten führen in der Regel zu unerwünschten Richtergebnissen. So bewirkt beispielsweise eine Veränderung der Festigkeit eine geänderte Auslaufkrümmung des aus der Richtmaschine auslaufenden Richtgutes. Da bei veränderten Richtguteigenschaften auch veränderte Richt-
 10 kräfte festzustellen sind, die ihrerseits wiederum zu veränderten Auffederungswerten und damit zu veränderten wirksamen Anstellungen führen, ist erkennbar, daß die Stabilität des Richtergebnisses bei Streuungen der Produktparameter wesentlich durch das Auffederungsverhalten der Richtmaschine mitbestimmt wird. Dies entspricht der bisherigen praktischen Erfahrung. So kann die Auffederung beispielsweise bei hochfesten, dicken Blechen sogar zum dominierenden Bestandteil der effektiven Rollenanstellung werden.

Auch wird zur näherungsweisen Beschreibung des Auffederungsverhaltens die Maschinensteifigkeit benutzt. Zur linearisierten Beschreibung der Abhängigkeiten zwischen einzelnen Rollenkräften und einzelnen Auffederungen eignet sich besonders eine Steifigkeitsmatrix. Hierbei können die Elemente der Matrix noch vom jeweiligen Betriebspunkt abhängen. Berechnungen haben gezeigt, daß zwischen den Eigen-
 20 schäftsänderungen des in die Richtmaschine einlaufenden Richtgutes (Streckgrenze) und dem Richtergebnis (Krümmung des auslaufenden Richtgutes) ein Zusammenhang besteht. So weisen verschiedene Maschinensteifigkeiten stark unterschiedliche Verläufe auf. Ähnliche Zusammenhänge lassen sich auch für die von der Dicke und Breite des Richtgutes abhängigen Parameter nachweisen. Verfahrenstechnisch vorteilhaft ist grundsätzlich eine möglichst geringe Auswirkung der Streuungen auf den Biegeprozess, d. h. möglichst flache Funktionverläufe.

Beim Richten von Blechen, Bändern, Tafeln, Profilen, Trägern etc. wird der Prozess durch die vom gewünschten Richtergebnis und den Eigenschaften des Richtgutes abhängig gewählten Vertikalpositionen der Richtrollen bestimmt. Je nach Bauart und Ausführungsform der Richtmaschine können, wie beispielsweise aus dem aus der DE-OS 33 08 616 bekannten Verfahren und der Vorrichtung zum Richten von Blech zu entnehmen ist, die oberen und unteren Richtwalzen einzeln oder auch gemeinsam verstellt werden. Als
 35 Verstellvorrichtungen kommen hierbei neben Keilen und Spindeln auch hydraulische Kolben-Zylindereinheiten zum Einsatz.

Nach diesem bekannten Verfahren erfolgt die Einstellung und Korrektur des Walzen- Richtspaltes mit Hilfe von Regelkeilen, die mit Druckzylindern und Spindeltrieben als Verschiebeeinrichtungen in Verbindung stehen. Die Regelkeile sind in Längsrichtung der Richtwalzen verlaufend angeordnet und stehen daher
 40 jeweils mit beiden Lagern der Richtwalze in gleicher Weise in Wirkverbindung. Dies hat den Nachteil, daß bei im Betrieb des Walzwerkes auftretenden erhöhten außermittigen Belastungen der Richtwalzen durch Veränderungen des Querschnittes und/oder der Festigkeit des Walzgutes, diese außermittigen erhöhten Belastungen nicht unmittelbar meßtechnisch erfaßt und durch entsprechende Verstellung der Walzen, und zwar ohne zeitliche Verzögerung, korrigiert werden können. Dies führt zu einem erhöhten Anfall an
 45 fehlerhaften Fertigprodukten, die entweder einer kostenaufwendigen Nachbehandlung unterzogen oder aber in Form von Abfall erneut eingeschmolzen werden müssen.

Darüber hinaus erfolgt bei diesem bekannten Verfahren die Einstellung und Korrektur des Walzenrichtspaltes nicht automatisch, sondern von Hand aus. Dies führt zu einer weitergehenden zeitlichen Verzögerung des Korrekturingriffes an den Richtwalzen und des damit verbundenen Ausstoßes an fehlerhaften
 50 Fertigprodukten. Auch elastische Verformungen der Richtmaschine, insbesondere der Rollen, der Lager und des Rahmens, die sich nicht nur auf das Richtergebnis des Richtgutes, sondern auch auf die Richtmaschine nachteilig auswirken, können nach diesem bekannten Verfahren nicht vermieden werden.

Ausgehend von diesem bekannten Verfahren ist es Aufgabe der Erfindung, durch geeignete Maßnahmen Schwankungen und Streuungen der Eigenschaften des Richtgutes ohne zeitliche Verzögerung zu erfassen und deren Wirkungen auszuschalten.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß jede senkrecht auf die Drehachsen der Richtrollen und/oder der Rollenlager und/oder auf den Rahmen der Richtmaschine wirkende Richtkraft für sich gemessen wird, und daß in Abhängigkeit dieser Meßwerte die Richtrollen im Bereich der auftretenden variierenden Druckkräfte automatisch nachgestellt werden.

- 5 Dadurch, daß gemäß der Erfindung jede senkrecht auf die Drehachsen der Richtrollen und/oder der Rollenlager und/oder auf den Rahmen der Richtmaschine wirkende Richtkraft für sich gemessen wird, kann sehr vorteilhaft jede im Betrieb des Walzwerkes auftretende erhöhte Belastung, insbesondere auch jede außermittige erhöhte Belastung an der Richtwalze meßtechnisch unmittelbar erfaßt und ohne zeitliche Verzögerung korrigiert werden. Die praktisch zeitverzögerungslose Korrektur der Richtrollenposition in
10 Abhängigkeit der Meßwerte wird hierbei insbesondere durch die automatische Verstellung der Richtrollen erreicht. Auf diese Weise werden daher, im Vergleich zu den bisher bekannten Verfahren, insbesondere außermittig an den Richtwalzen auftretende erhöhte Belastungen, die auf Schwankungen und Streuungen des Richtgutes, die insbesondere auf Veränderungen des Querschnittes und/oder der Festigkeit des Richtgutes beruhen, ohne zeitliche Verzögerung erfaßt und ausgeschaltet, was die Herstellung eines
15 fehlerfreien Endproduktes ermöglicht. Auch können durch diese erfindungsgemäßen Maßnahmen jegliche elastische Verformungen der Richtmaschine, insbesondere der Rollen, der Lager und des Rahmens ausgeglichen und dadurch die Herstellung eines fehlerfreien Richtgutes begünstigt werden.

- Die einzelnen, senkrecht auf die Drehachsen der Richtrollen und/oder Rollenlager und/oder auf den Rahmen der Richtmaschine wirkenden Kräfte können in an sich bekannter Weise sehr leicht durch direktes
20 oder auch indirektes Messen ermittelt werden, wobei die Messung der Richtkräfte am Rahmen anhand der elastischen Verformungen erfolgt. In den meisten Fällen sind hierfür Meßgeräte von nur einer an sich bekannten Sorte ausreichend. Zur Verstellung der Richtrollen ist eine an sich bekannte Steuervorrichtung vorgesehen, die in Abhängigkeit von den mit den Meßvorrichtungen gemessenen Kräften und/oder in Abhängigkeit von den mit den Meßvorrichtungen gemessenen Deformationswegen und gegebenenfalls in
25 Abhängigkeit von den Eigenschaften (Streckgrenze, Breite, Dicke..) des Richtgutes abhängigen Korrektur der während des Richtens verstellbaren Richtrollenposition automatisch so vornimmt, daß die durch diese Korrektur bewirkte Parallelverschiebung der Richtrollenachsen in der durch die elastischen Verformungen der Maschine verursachten Achsenverschiebung bestimmten Richtung entgegengesetzten Richtung verläuft. Hierdurch wird sehr vorteilhaft die Rollenrichtmaschine von Schwankungen und Streuungen der
30 Eigenschaften des Richtgutes freigehalten.

Um die Abhängigkeit des Richtergebnisses einer Rollenrichtmaschine von Schwankungen und Streuungen der Eigenschaften des Richtgutes freizuhalten, kann es in weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung gegebenenfalls auch zweckmäßig sein, die Verstellung bzw. Korrektur der Richtrollen in Abhängigkeit von den am Richtgut gemessenen Werten, wie Streckgrenze, Breite, Dicke etc. vorzunehmen.

- 35 In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist die Verstellung bzw. Korrektur der Richtrollenposition betraglich gleich der aufgrund der elastischen Verformungen erfolgten Verschiebung der Richtrollen. Hierdurch wird eine vollständige Kompensation der vom Richtgut ausgehenden, auf die Richtmaschine, insbesondere auf die Richtrollen wirkenden Einflüsse wie elastische Verformungen erreicht, die bewirkt, daß sich die Richtmaschine starr, fast unendlich steif verhält, ohne daß dadurch hohe Anforderungen an die
40 tatsächliche Maschinensteifigkeit gestellt werden müssen. Neben einer wesentlichen Verringerung des konstruktiven Bauaufwandes der Richtmaschine wird der Einfluß von Streuungen und Schwankungen in den Eigenschaften des Richtgutes bedeutend vermindert, so daß, wie dem graphischen Schaubild zu entnehmen ist, im Vergleich zu den bisher bekannten Richtmaschinen ohne Kompensation (steiler Kurvenverlauf) durch die Vollkompensation (flacher Kurvenverlauf) der Richtmaschine gemäß der Erfindung eine wesentli-
45 che Verringerung der Einflüsse des Richtgutes auf die Richtmaschine erreicht wird.

- Weiterhin kann es gegebenenfalls auch sehr zweckmäßig sein, daß eine Verstellung bzw. Korrektur der Richtrollenposition betraglich größer als der aufgrund der elastischen Verformungen erfolgten Verschiebung der jeweiligen Richtrolle ist. Dies entspricht einer Überkompensation der Richtmaschine, deren Kurve, wie das graphische Schaubild zeigt, ganz flach, d. h. eben verläuft. Eine abhängig vom Betriebspunkt der
50 Richtmaschine geeignete gewählte Überkompensation der elastischen Verformungen gestattet es, einen Materialeinfluß des Richtgutes auf das Richtergebnis für einen breiten Streubereich (z. B. der Festigkeit) praktisch völlig zu unterdrücken und dadurch ein bisher nicht erreichtes, stabiles Verhalten des Arbeitsprozesses zu bewirken.

- Auch kann gegebenenfalls die Verstellung bzw. Korrektur der Richtrollenposition betraglich kleiner als
55 der aufgrund der elastischen Verformungen erfolgten Verschiebung der jeweiligen Richtrolle sein. Dies entspricht einer nur teilweisen Kompensation der Einflüsse des Richtgutes auf die Richtmaschine, die dann vorteilhaft sein kann, wenn die Zahl der unter Last verstellbaren Richtrollen klein gegenüber der Gesamtzahl der Rollen ist.

Die Korrekturwerte der Richtrollenpositionen werden zweckmäßigerweise nach der folgenden Formel berechnet und die Korrekturen entsprechend durchgeführt :

$$\begin{pmatrix} \Delta p_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta p_k \end{pmatrix} = C \begin{pmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1 \\ \vdots \\ F_l \\ u_1 \\ \vdots \\ u_m \end{pmatrix} ;$$

für $i = 1, \dots, k$ und $j = 1, \dots, l + m$, wobei

$\Delta p_1, \dots, \Delta p_k$:

Änderungen der insgesamt k unter Last verstellbaren Richtrollenpositionen,

$F_1, \dots, F_l$:

Meßwerte der insgesamt l Kraftmeßstellen,

$u_1, \dots, u_m$:

Meßwerte der insgesamt m gemessenen elastischen Verformungen,

m_{ij} :

partielle Ableitungen der zu den $\Delta p_1, \dots, \Delta p_k$ gehörigen Richtrollenpositionen $a_1, \dots, a_k$ nach den meßbaren Kräften bzw. elastischen Verformungen:

$$m_{ij} = \frac{\partial \Delta a_i}{\partial F_j} \quad \text{für } j \leq l ;$$

$$m_{ij} = \frac{\partial \Delta a_i}{\partial u_{j-l}} \quad \text{für } j > l , \text{ und}$$

C:

manuell und/oder produktabhängig automatisch und/oder abhängig vom Richtergebnis adaptiv einstellbarer Verstärkungsfaktor, z. B. zwischen -2,5 und +2,5

($C = 1 \Rightarrow$ Anspruch 3,

$C > 1 \Rightarrow$ Anspruch 4,

$C < 1 \Rightarrow$ Anspruch 5)

bedeuten.

Im übrigen können die Korrekturwerte der Richtrollenpositionen von Fall zu Fall sehr leicht rechnerisch mit Hilfe von PC-Rechnern ermittelt und in Abhängigkeit der errechneten Werte die Richtmaschine entweder kraftgesteuert oder positionsgesteuert nachgefahren werden.

Folgende Zahlenwerte können sich beispielsweise bei Flachrichtmaschinen ergeben:

Eingabedaten

Rollenzahl : 7

Rollendurchmesser : 250 mm

Teilung : 150 mm

Blechdicke : 10 mm

Blecbreite : 3.500 mm

Streckgrenze : 1.500 N/mm²E-Modul Band : 206.000 N/mm²

5 Einlaufkrümmung : 0.0 mm/m

Parallelsteifigkeit : -1.060 kN/mm

Newton-Schrittweite : 0,5

10

15

20

Rollen Nr.	Position Rollenscheitel	Steifigkeit
	(mm)	(N/mm)
1	0,00	999999
2	-13,28	999999
3	0,00	999999
4	2,11	999999
5	0,00	999999
6	17,50	999999
7	0,00	999999

25

30

35

40

45

50

Ergebnisse				
Rollen Nr.	Berührungspunkt		Steigung	Biegemoment
	(mm)	(mm)	(-)	(-)
1	37,95	-1,03	-0,3186	0,0000
2	124,12	-15,43	-0,2116	1,4800
3	253,65	-4,05	0,3993	-1,4761
4	416,87	1,72	-0,2749	1,4690
5	570,07	1,23	0,2467	-1,4451
6	738,90	13,13	-0,0891	1,3232
7	892,63	4,65	0,0591	0,0000
Rollen Nr.	Überstreckung		Richtkraft	Auffederung
	(-)		(kN)	(mm)
1	0,0000		1502,8	-4,8678
2	5,0054		4504,4	-4,8648
3	-4,5464		4991,2	-4,8643
4	3,9924		3551,8	-4,8658
5	-2,8315		3143,3	-4,8662
6	1,3231		2266,9	-4,8671
7	-0,0001		685,7	-4,8686

Richtkraft gesamt : 10.323,0 kN

55 Auslaufkrümmung : -0,015 mm/m

geometr.zul. EPS : 5,282 (nicht überschritten)

Ansprüche

1. Verfahren zum Richten von Blechen, Bändern, Tafeln, Profilen, Trägern etc., wobei die Richtkräfte wenigstens an einer der Richtrollen einer Rollenrichtmaschine gemessen und in Abhängigkeit der Meßwerte die Richtrollenpositionen verstellt werden, dadurch gekennzeichnet, daß jede senkrecht auf die Drehachsen der Richtrollen und/oder der Rollenlager und/oder auf den Rahmen der Richtmaschine wirkende Richtkraft für sich gemessen wird, und daß in Abhängigkeit dieser Meßwerte die Richtrollen im Bereich der auftretenden variierenden Druckkräfte automatisch nachgestellt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellung bzw. Korrektur der Richtrollenpositionen in Abhängigkeit von den am Richtgut gemessenen Werten, wie Streckgrenze, Breite, Dicke etc. erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellung bzw. Korrektur der Richtrollenposition betraglich gleich ist der aufgrund der elastischen Verformungen erfolgten Verschiebung der Richtrollen.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellung bzw. Korrektur der Richtrollenposition betraglich größer als die aufgrund der elastischen Verformungen erfolgte Verschiebung der jeweiligen Richtrolle ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellung bzw. Korrektur der Richtrollenposition betraglich kleiner als die aufgrund der elastischen Verformungen erfolgte Verschiebung der jeweiligen Richtrolle ist.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturwerte der Richtrollenpositionen nach der folgenden Formel berechnet und die Korrekturen entsprechend durchgeführt werden:

$$\begin{pmatrix} \Delta p_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta p_k \end{pmatrix} = C \begin{pmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ m_{ij} \\ \vdots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1 \\ \vdots \\ F_l \\ u_1 \\ \vdots \\ u_m \end{pmatrix};$$

für $i = 1, \dots, k$ und $j = 1, \dots, l + m$, wobei

$\Delta p_1, \dots, \Delta p_k$:

Änderungen der insgesamt k unter Last verstellbaren Richtrollenpositionen,

$F_1, \dots, F_l$:

Meßwerte der insgesamt l Kraftmeßstellen,

$u_1, \dots, u_m$:

Meßwerte der insgesamt m gemessenen elastischen Verformungen,

m_{ij} :

partielle Ableitungen der zu den $\Delta p_1, \dots, \Delta p_k$ gehörigen Richtrollenpositionen $a_1, \dots, a_k$ nach den meßbaren Kräften bzw. elastischen Verformungen:

$$m_{ij} = - \frac{\partial \Delta a_i}{\partial F_j} \quad \text{für } j \leq l ;$$

$$m_{ij} = - \frac{\partial \Delta a_i}{\partial u_{j-l}} \quad \text{für } j > l , \text{ und}$$

C :

manuell und/oder produktabhängig automatisch und/oder abhängig vom Richterergebnis adaptiv einstellbarer Verstärkungsfaktor, z. B. zwischen -2,5 und +2,5

(C = 1 $\hat{=}$ Anspruch 3,

C > 1 $\hat{=}$ Anspruch 4,

C < 1 $\hat{=}$ Anspruch 5)

bedeuten.

